

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 04-358022
(43) Date of publication of application : 11. 12. 1992

(51) Int. Cl. C21D 8/02

C22C 38/00

C22C 38/06

(21) Application number : 03-133069

(71) Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22) Date of filing : 04. 06. 1991

(72) Inventor : FUJIOKA MASAAKI
ONOE YASUMITSU
YOSHIE ATSUSHIKO
FUJITA TAKASHI

(54) PRODUCTION OF HIGH STRENGTH STEEL

(57) Abstract:

PURPOSE: To efficiently obtain a steel excellent in strength and toughness by casting a steel where respective contents of C, Si, Mn, Al, and Fe are specified, performing rolling in the prescribed temp. region while holding the resulting cast steel, and then carrying out direct hardening, accelerated cooling, and tempering under the prescribed conditions.

CONSTITUTION: A steel having a composition consisting of, by weight, 0.02-0.25% C, 0.05-0.6% Si, 0.3-3.5% Mn, \leq 0.1% Al, and the balance Fe is refined. A cast material of the above steel is rolled without cooling down to \leq Ar3 point or after reheating up to \geq Ac3 point, followed by direct hardening or accelerated cooling.

Subsequently, the steel is heated up to a temp. between 450° C and the Ac1 point at \geq 1° C/sec temp. rise rate by means of a tempering device provided on a manufacturing line equal to that of rolling mill, etc., and then cooled at 0.05-20° C/sec cooling rate.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平4-358022

(43)公開日 平成4年(1992)12月11日

(51)Int.Cl.⁵

C 21 D 8/02

C 22 C 38/00

38/06

識別記号 庁内整理番号

B 8116-4K

301 A 7217-4K

F J

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2(全9頁)

(21)出願番号

特願平3-133069

(22)出願日

平成3年(1991)6月4日

(71)出願人 000006055

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72)発明者 鹿岡 政昭

千葉県富津市新宿20-1 新日本製鐵株式会社中央研究本部内

(72)発明者 尾上 桂光

千葉県富津市新宿20-1 新日本製鐵株式会社中央研究本部内

(72)発明者 吉江 浩勝

千葉県富津市新宿20-1 新日本製鐵株式会社中央研究本部内

(74)代理人 弁理士 大関 和夫

最終頁に続く

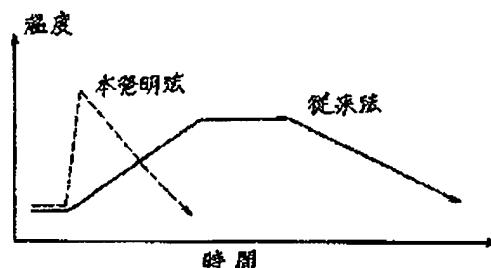
(54)【発明の名称】 猛熱鋼の製造方法

(57)【要約】

【目的】 本発明は焼入れ、焼戻しにより高強度鋼を製造する場合に、従来法に比して強度・韧性に優れ、なおかつ生産性の極めて高い製造方法を提供するものである。

【構成】 鋼を鋳造後A_{c1}点以下に冷却せず、あるいはA_{c3}点以上に再加熱し、熱間圧延を行い、直接焼入れあるいは加速冷却を行い、その後圧延機等と同一製造ライン上に設置された焼戻し装置により、450℃以上A_{c1}点以下の焼戻し温度まで1℃/秒以上の昇温速度で加熱し保持を行うことなく0.05℃/秒以上20℃/秒以下の冷却速度で冷却することにより、強度、韧性に優れた鋼を高効率で製造する。

【効果】 強度、韧性に優れた鋼を高効率で製造することが可能となる。



(3)

特開平4-358022

3
1点以下の所定の焼戻し温度までの昇温速度を1°C/秒以上とし、焼戻し温度での保持を行はず、その後の冷却速度を0.05°C/秒以上20°C/秒以下で冷却することを特徴とする生産効率の高い強制鋼の製造方法。

【0006】(2) 重量%で

C : 0.02~0.25%

Si : 0.05~0.60%

Mn : 0.3~3.50%

Al : 0.10%以下

さらに、

Cu : 3.0%以下

Ni : 10.0%以下

Cr : 10.0%以下

Mo : 3.5%以下

Co : 10.0%以下

W : 2.0%以下

Ti : 0.1%以下

Nb : 0.1%以下

V : 0.2%以下

B : 0.003%以下

の1種または2種以上を含有し、残留がFeおよび不可逆的不純物からなる鋼を鉄造後、Ar₁点以下に冷却することなく、あるいはAr₂点以上に再加熱し、熱間圧延を行い、その後、直接焼入れ、あるいは加速冷却し、さらに焼戻しを行う鋼板の製造方法において、圧延機および直接焼入れ装置もしくは加速冷却装置と同一の製造ライン上に設置された加熱装置を用い、圧延、冷却、焼戻しを連続的に行い、圧延後の冷却をAr₃点以上の温度から5°C/秒以上の冷却速度で500°C以下の温度まで行い、焼戻しを450°C以上Ar₁点以下の所定の焼戻し温度までの昇温速度を1°C/秒以上とし、焼戻し温度での保持を行はず、その後の冷却速度を0.05°C/秒以上20°C/秒以下で冷却することを特徴とする生産効率の高い強制鋼の製造方法。

【0007】以下、本発明について詳細に説明する。本発明の基本となる考え方は以下の通りである。まず、金属学的な見地から直接焼入れを含む焼入れ、焼戻しで製造される鋼の強度、韌性について考えてみると、それはまず第一に金属組織の微細さに依存している。通常、焼入れ、焼戻しで製造される鋼の金属組織はマルテンサイトとペイナイトからなり、その結晶粒が微細であるほど強靭である。また、金属組織中に存在する炭化物は析出強化に寄与することや破壊の起点となり得るという観点から微細に分散していることが望ましい。さらにマルテンサイト変態などの変態により導入された転位や加工されたオーステナイトから引き戻された転位が金属組織中に多く残存することによって強度が上昇し、場合によっては可動転位が延性を促進することによって鋼の韌性を増す。一連の製造工程において上述のような金属組織状態を具現化し、なおかつ、生産性を阻害しない方法を実

現することが必要であり、本発明においては、主に焼戻し工程を刷新することによりこれを実現するものである。

【0008】一般に焼戻し工程で生じる主たる冶金現象は、①固溶炭素原子がセメンタイトとして排出する、②固溶炭素原子がFe以外の金属元素との炭化物として析出する、③変態時に生じた金属組織中に残留する多数の転位が消滅あるいは著しく減少する、④マルテンサイト、ペイナイトの結晶粒が回復成長する、の4点である

20 ことが知られている。これらの現象は一般に焼戻しの温度は高いほどその進行が速い。従って、高温に長時間保持し、焼戻しが過剰に行われた鋼の状態はセメンタイトやその他の炭化物が粗大化し、固溶炭素は少なく、変形初期に容易に移動できる転位や強化に寄与する転位もあり残存しないものとなる。このような状態の鋼は強度が低く、韌性の点でも劣る。一方、焼戻しが不十分な鋼は固溶炭素原子や転位が多量に含まれ、結晶粒の成長もそれほど進んでいないので極めて強度が高い。しかしながら炭素原子の過剰の固溶による韌性の劣化が著しい。従来法によれば固溶炭素を排出し、かつ転位を多く残留させ、析出および結晶粒を微細ままに保つために低温で長時間の保持を行う手段がとられていた。従って、生産性が極めて低い。

【0009】本発明者等の研究によれば、焼戻し時の昇温速度を従来法に比して増加させ、焼戻し温度での保持を行はず冷却することによって、炭素原子をセメンタイトとして析出させて固溶量を減少させ、韌性を良好に保持得ることが判った。また同時に従来法では昇温・保持中に生じていた（従来法では昇温速度が遅く、保持時間が長い）結晶粒および析出物の粗大化や転位の著しい減少を防ぐことができ、従来より強度、韌性の優れた鋼を製造できることが判明した。このような現象は昇温速度が大きい場合に特徴的な現象であり、新しい発見である。

【0010】また本発明法においては昇温時間がきわめて短いことから焼戻しにともなう前述の①から④のごとき強度、韌性を支配する冶金現象は従来法では昇温・保持中に生じているのに対して冷却中にも生じているものと推定される。従って、本発明法によれば単に強度、韌性に優れた鋼を製造するばかりではなく、冷却時の冷却速度を制御することにより、焼戻しが不十分で韌性を損なわない範囲で、焼戻しの進行を制御し、その材質を制御することも可能である。

【0011】次に、生産性の見地からは図1に示すように昇温速度を増加させ、保持を行わないために焼戻しに要する実処理時間を大幅に減少させることができる。さらに、焼戻しの実処理時間を短時間にできたことにより焼戻し工程（焼戻し装置）を図2に示すように圧延・冷却工程（圧延機・冷却装置）と同一製造ライン上に直結することができる。このような直結化により圧延・冷却

(4)

特開平4-358022

5

と焼戻しの間の搬送その他のによる付加的な所要時間を排除することが可能となり生産性を著しく向上することが可能となるのである。

【0012】即ち、本発明法を適用することによって、従来法に比してきわめて短時間で、強度、韌性に優れた鋼の製造が可能なのである。このような新しい発見に基づき本発明法における鋼の化学成分、製造条件を詳細に調査した結果、本発明者らは請求項1、2に示したような強靭な厚钢板の製造方法を創出した。

【0013】以下に製造方法の概要の理由について述べる。Cは鋼の強化を行うのに有効な元素であり、0.02%未満では十分な強度が得られない。一方、その含有量が0.25%を超えると、溶接性を劣化させる。Sは脱酸元素として、また鋼の強化元素として有効であるが、0.05%未満の含有量ではその効果がない。一方、0.60%を超えると、鋼の表面性状を損なう。

【0014】Mnは鋼の強化に有効な元素であり、0.03%未満では十分な効果が得られない。一方、その含有量が3.50%を超えると鋼の加工性を劣化させる。Alは脱酸元素として添加される。0.005%未満の含有量ではその効果がなく、0.10%を超えると鋼の表面性状を劣化させる。TiおよびNbはいずれも微量の添加で結晶粒の微細化と析出強化の面で有効に機能するので溶接部の韌性を劣化させない範囲で使用してよい。このような観点からその添加量の上限を0.1%とする。

【0015】Cu、Ni、Cr、Mo、Co、Wはいずれも鋼の焼入れ性を向上させる元素であり、本発明の場合、その添加により鋼の強度を高めることができる。しかし、過度の添加は鋼の韌性および溶接性を損なうため、Cu:3.0%以下、Ni:10.0%以下、Cr:10.0%以下、Mo:3.5%以下、Co:1.0.0%以下、W:2.0%以下に限定する。

【0016】Vは析出強化により鋼の強度を高めるのに有効であるが、過度の添加は鋼の韌性を損なうために、その上限を0.10%とする。Bは鋼の焼入れ性を向上させる元素である。本発明における場合、その添加により鋼の強度を高めることができるが、過度の添加はBの析出物を増加させ、鋼の韌性を損ねるので、その含有量の上限を0.0025%とする。

【0017】次に、本発明における製造条件に就いて述べる。本発明はいかなる鍛造条件で鍛造された鋼片についても有効であるので、特に鍛造条件を特定する必要はない。また鋼片を冷却することなく、そのまま熱間圧延を開始しても一度冷却した鋼片をA_c点以上に再加熱した後に圧延を開始しても良い。なお、本発明においては圧延の条件に就いては特に規定するものではないがこれはA_r点以上の温度の圧延であればオーステナイトの再結晶が生じない状態での圧延、いわゆる制御圧延を

6

行っても、行わない場合でも本発明の有効性が失われないからである。

【0018】次に、圧延後の冷却条件に就いて述べる。本発明では焼戻しにより鋼中の固溶炭素原子、結晶粒、炭化物、転位の状態を制御するものであるから、フェライトやバーライトからなる組織に対しては固溶炭素や転位が残存しておらず、炭化物もかなり成長していると考えられるのでその有効性は期待できない。従って、冷却後の金属組織としてはマルテンサイトもしくはベイナイトであることが必要である。そこで、A_r点以下の冷却速度を5°C/秒以上と限定した。また冷却の終了温度を500°C以下と限定したのはこれを超えるとマルテンサイト、ベイナイトの組織が得られないからである。

【0019】次に、焼戻し条件についてであるが、焼戻しは圧延・冷却工程（圧延機・冷却装置）と同一製造ライン上に直結して設置された焼戻し装置で行うものとした。これは直結化により圧延・冷却と焼戻しの間の搬送、その他による付加的な所要時間を排除することが可能となり生産性を著しく向上することが可能となるのである。焼戻し装置の加熱方式は通電加熱、高频電加熱、赤外線輻射加熱、強制対流加熱、零回路加熱などで所要の昇温速度が達成されればそのようなものでもよい。

【0020】次に、焼戻しの熱処理条件で焼戻し温度を450°C以上としたのはこれ未満では温度が低過ぎ、固溶炭素を短時間で容易に析出させることができないからである。また焼戻し温度をA_c点以下としたのはA_c点を超えると変態が生じてしまい、強度の低下や組織の不均一さのために韌性が劣化してしまうからである。焼戻し中の昇温速度を1°C/秒以上としたのは、それ未満では昇温中に転位の回復、組織・析出物の粗大化、固溶炭素原子の析出が生じてしまい、強度、韌性を高めることができないからである。

【0021】最後に焼戻し後の冷却速度を0.05°C/秒以上20°C/秒以下としたのは0.05°C/秒未満では冷却中に転位の回復、結晶粒や析出物の粗大化、固溶炭素原子の析出が過剰に進行し、高い強度が得られなくなるからである。また上限を20°C/秒としたのはこれを超えると焼戻しが不十分となり、固溶炭素原子の排出が十分に行われず、韌性の劣化を生じるからである。

【0022】

【実施例】次に本発明の実施例によって、その有効性を示す。表1、2は実施例の鋼の成分を示すものである。このような成分の鋼を表3～8に示す製造条件で製造した場合に、同じく表3～8に示すような強度、韌性、直接焼入れあるいは加速冷却の終了から焼戻し保持終了までに要した時間が得られた。

【0023】

【表1】

(5)

特開平4-358022

7

8

出発鋼	鋼	鋼の化学成分(重量%)								
		C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo
本発明例	A	0.15	1.5	0.20	0.005	0.004	-	-	-	-
"	B	0.12	1.4	0.25	0.006	0.005	-	-	-	-
"	C	0.12	1.4	0.28	0.003	0.004	-	-	-	0.5
"	D	0.08	1.0	0.20	0.004	0.004	0.4	1.0	0.5	0.5
"	E	0.10	0.8	0.26	0.004	0.005	-	3.0	1.0	0.5
"	F	0.12	1.4	0.18	0.004	0.002	-	-	-	0.5
"	G	0.07	1.2	0.20	0.005	0.006	1.0	2.0	0.5	0.5
"	H	0.12	1.4	0.22	0.003	0.004	-	-	-	-
"	I	0.08	1.3	0.21	0.007	0.004	-	-	-	-
比較鋼	J	0.10	1.0	0.20	0.006	0.003	0.2	1.0	0.5	4.0
"	K	0.12	1.0	0.27	0.005	0.004	-	-	-	-

下線は本発明例に合致しない項目を示す

【0024】

【表2】

(表1のつづき)

出発鋼	鋼	鋼の化学成分(重量%)								
		Nb	Tl	V	Ta	Co	W	Al	B	N
本発明例	A	-	-	-	-	-	-	0.030	-	0.002
"	B	0.03	0.01	0.01	-	-	-	0.028	-	0.003
"	C	0.01	0.01	-	-	-	-	0.028	0.0015	0.004
"	D	-	-	0.02	-	-	-	0.050	0.0018	0.003
"	E	-	-	-	-	-	-	0.023	-	0.000
"	F	-	-	-	-	-	-	0.033	0.0010	0.004
"	G	0.01	0.01	-	-	-	-	0.030	-	0.003
"	H	0.01	0.01	-	0.01	0.5	0.2	0.030	-	0.003
"	I	-	-	-	-	-	-	0.040	0.0010	0.003
比較鋼	J	-	-	-	-	-	-	0.030	0.0015	0.003
"	K	0.15	0.5	0.5	-	-	-	0.040	-	0.004

下線は本発明例に合致しない項目を示す

【0025】

【表3】

(6)

特開平4-358022

4

10

試験番号	鋼種	直送延長と再加熱延長の区別	ESR始温度(直送延長終点)あるいは再加熱温度(℃)	スラブ厚(mm)	製品厚(mm)	延伸終了温度(℃)	冷却開始温度(℃)	冷却終了温度(℃)		冷却速度(℃/秒)
								冷却開始時間(秒)	冷却終了時間(秒)	
本実用鋼	1 A	再加熱延長	1150	240	15	930	910	20/32	62	
比較鋼	2 A	"	1150	240	15	740	700	20/30	65	
本実用鋼	3 B	"	1150	240	15	880	850	20/30	58	
比較鋼	4 B	"	1150	240	15	880	850	20/30	62	
本実用鋼	5 C	"	1150	240	25	880	850	20/15	74	
"	6 C	直送延長	970	240	25	850	830	20/15	60	
比較鋼	7 C	再加熱延長	1150	240	20	860	824	20/15	780	
"	8 C	直送延長	970	240	15	805	742	20/15	5820	
本実用鋼	9 D	再加熱延長	1050	240	30	880	870	20/25	75	
"	10 D	"	1050	240	30	880	820	20/25	68	

下線は本説明法に合致しない項目を示す。

[0026]

《表8.9-2》

	熱 流	熱 通 過 性 能 度 (W/m ²)	被覆し て保持 する 時間 (秒)	被覆し て保持 する 時間 (秒)	被覆し て保持 する 時間 (秒)	冷却終了 から被覆 して保持終了ま での時間 (秒)	引張強 度T S (kgf/ mm ²)	屈曲 性 V I T s (°C)	備 考
本実験鋼	1 A	630	0	6	0.5	164	76	-110	
比較鋼	2 A	630	0	8	0.5	187	54	-50	$A_{rs}=762\text{ }^{\circ}\text{C}$
本実験鋼	3 B	630	0	1	0.05	688	76	-35	
比較鋼	4 B	250	0	1	0.05	292	85	-20	
本実験鋼	5 C	630	0	12	2	125	85	-15	
"	6 C	630	0	5	10	182	105	-32	
比較鋼	7 C	620	0	7	2	8007	64	-68	オンライン急速被覆装置 を用いて $A_{rs}=758\text{ }^{\circ}\text{C}$
"	8 C	620	0	5	5	5940	87	-52	
本実験鋼	9 D	640	0	5	10	198	110	-120	
"	10 D	640	0	5	5	192	117	-126	

下線は本章規定に含載しない項目を示す

[0027]

〔卷5〕

(7)

特開平4-358022

11
(表3のつづき-2)

	No	N	直送圧延と 再加熱圧延 の区別	圧延開始温 度(直送圧 延時)ある いは再加熱 温度(℃)	ス ラ ブ 厚 (mm)	製 品 厚 (mm)	圧延終 了温度 (℃)	冷却開始 温度 (℃)	冷却終了 温度 (℃)	冷却終了 から供給 し開始温 度までの時間 (秒)
本発明鋼	11	D	〃	1030	240	30	830	790	20/25	101
比較鋼	12	D	〃	1050	240	30	860	875	20/20	7500
〃	13	D	〃	1050	240	30	830	820	20/15	3061
〃	14	D	〃	1050	240	30	830	780	20/18	70
本発明鋼	15	E	〃	1150	150	20	790	790	200/7.5	50
〃	16	E	直送圧延	980	150	20	780	780	40/15	57
比較鋼	17	E	再加熱圧延	1150	150	20	790	790	215/7.5	87
〃	18	E	直送圧延	980	150	20	780	780	20/15	122
本発明鋼	19	F	再加熱圧延	1100	50	20	780	780	20/18	82

下線は本発明法に合致しない項目を示す

【0028】

(表3のつづき-3)

【表6】

	No	N	始昇し 温度 (℃)	始昇し 温度で の保持 時間 (秒)	焼戻し温 度までの昇温 速度 (℃/秒)	焼戻し温 度での保持温 度の冷却速 度(℃/秒)	圧延後の冷却 終了から焼戻 し保持終了まで の時間 (秒)	3(屈強 度TS (kgf /mm ²)	初生 Vfcs (℃)	備 考
本発明鋼	11	D	640	0	12	0.2	153	115	-135	
比較鋼	12	D	640	0	5	0.01	7624	87	-80	オンライン急速焼戻し装置 を使用せず
〃	13	D	640	3000	0.3	2	723	78	-80	〃
〃	14	D	640	0	5	30	194	121	-68	
本発明鋼	15	E	600	0	25	5	82	97	-130	
〃	16	E	600	0	25	8	81	102	-138	
比較鋼	17	E	725	0	7.5	5	153	82	-78	Ae ₁ =705 ℃
〃	18	E	390	0	7.5	5	150	120	-62	
本発明鋼	19	F	660	0	1	20	722	85	-98	

下線は本発明法に合致しない項目を示す

【0029】

【表7】

(5)

特開平4-358022

13

14

(表3のつづき-4)

	No.	鋼	直送圧延と 再加熱圧延 の区別	圧延開始温度 (直送圧延時) あるいは再加熱 温度(℃)	スラブ 厚 (mm)	鈍 品 厚 (mm)	圧延終了温度 (℃)	冷却開始温度 (℃)	冷却終了 温度 (℃)	冷却終了 から焼戻し 開始までの時間 (秒)	焼戻し 温度 (℃)
本発明鋼	20	F	直送圧延	950	50	20	810	780	20/20	78	680
比較鋼	21	F	再加熱圧延	1100	50	20	805	790	20/15	75	690
本発明鋼	22	G	"	1200	240	50	850	940	20/20	104	593
"	23	G	"	1200	240	35	890	860	410/20	80	580
比較鋼	24	G	"	1200	240	35	890	860	20/20	93	580
本発明鋼	25	H	"	1150	240	10	785	765	20/30	137	640
"	26	H	"	1150	240	10	860	845	20/50	152	640
比較鋼	27	H	"	1150	240	10	860	840	20/9.1	132	640
"	28	J	"	1150	240	25	847	921	20/25	68	600
"	28	K	"	1150	150	20	866	840	20/25	65	660
本発明鋼	29	L	"	1250	240	40	800	785	20/35	67	640
比較鋼	31	I	"	1250	240	40	800	785	20/35	64	640

下線は本発明法に合致しない項目を示す

【0030】

【表8】

(表3のつづき-5)

	No.	鋼	焼戻し 温度で の保持 時間 (秒)	焼戻し温度 までの昇温 速度 (℃/秒)	焼戻し温度 での保持後 の冷却速度 (℃/秒)	圧延後の冷却 終了から焼戻し し保持終了ま での時間 (秒)	引張強 度T ₉₀ (kgf/mm ²)	韧性 VIR ₃ (℃)	備 考
本発明鋼	20	F	0	1	20	718	68	-102	-
比較鋼	21	F	2400	0.1	20	885	78	-75	-
本発明鋼	22	G	0	15	0.5	141	92	-105	-
"	23	G	0	15	0.5	91	85	-93	-
比較鋼	24	G	0	0.05	0.5	1126	72	-73	-
本発明鋼	25	H	0	60	1.0	147	106	-94	-
"	26	H	0	60	1.0	162	101	-91	-
比較鋼	27	H	0	60	1.0	142	47	-62	-
"	28	J	0	5	5	179	134	-20	-
"	28	K	0	10	10	123	101	-5	-
本発明鋼	29	I	0	5	0.5	155	85	-105	-
比較鋼	31	I	0	0.01	0.5	8200	84	-62	-

下線は本発明法に合致しない項目を示す

【0031】

【発明の効果】本発明法は比較法に比べ明らかに生産性が高く、強度・韌性に優れた鋼を製造することが可能であり、本発明は有効である。

【図面の簡単な説明】

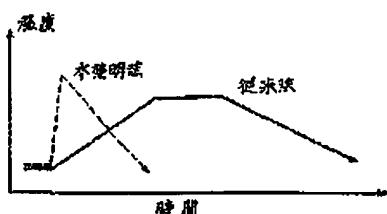
【図1】昇温速度と焼戻しの実処理時間の関係を示す。

【図面2】本発明を実施するための焼戻し装置を示す。

(9)

特開平4-358022

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72) 発明者 藤田 康史
千葉県富津市新宮20-1 新日本製鐵株式
会社中央研究本部内